

京都大学工学部 正 員 酒井哲郎

京都大学工学部 正 員 後藤仁志

京都大学大学院 学生員 森川 淳

京都大学大学院 学生員 柏村真直

京都大学工学部 学生員○永井秀樹

1. まえがき：波浪による海底地盤の有効応力の減少の繰返しは、海岸構造物や消波ブロックなどの沈下・埋没などの災害の有力な原因として考えられており、これまでも地盤内間隙水圧の挙動の把握するための多くの室内実験や現地観測が実施されてきたが、比較的深い地盤を対象としたものが多く、漂砂との干渉領域として重要な地盤表面付近の水圧変動についてはあまり詳細な計測は行われていない。本研究では、圧力変動の制御が容易な閉管路型の実験装置を用いて、水圧変動下における地盤表面付近の間隙水圧の時間変化の測定を試みる。具体的には、従来の正弦波型の水圧変動に加えて、階段関数的な水圧変動に対する間隙水圧の応答過程の測定を行ない、緩和過程としての地盤内間隙水圧の動的特性の把握を試みる。さらに、実験結果に基づいて緩和時間スケールの推定を行ない、著者ら¹⁾の提案した間隙水圧の応答の緩和過程モデルにより、正弦波型の水圧変動に対する間隙水圧の応答過程の再現を試みる。

2. 実験装置の概要と実験条件：実験装置は

図-1に示すように砂層水槽の両端にプロペラと加減圧シリンダーを取付けた閉管路で、振動流と水圧変動を同時に発生させることができる。水圧計により検出された作用圧力に基づくフィードバック制御により、任意の水圧変動波形が再現可能である。また、5個の間隙水圧センサーが水槽の中央部の地盤中に設置され上・下移動可能である。本研究では圧力変動のみを生じさせ、測点は深さ0～24.5cmまでの10点である。水圧変動は階段関数型および正弦波型を用い、正弦波の周期は3, 6, 9, 12 sと変化させ、水圧変動の振幅は0.5, 0.7, 1.0 mとした。実験条件を表-1に示す。

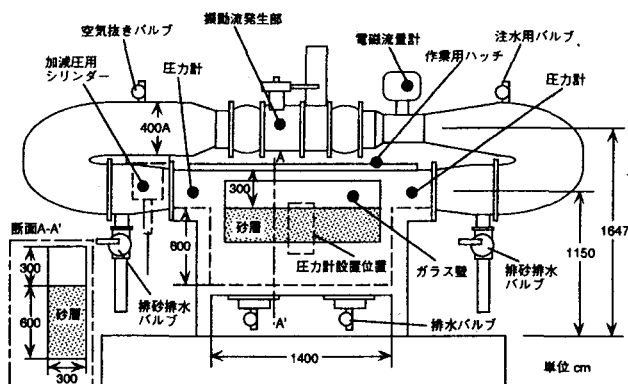


図-1 実験装置の正面図

表-1 実験条件

	Pmax	Pmin	間隙比	水圧変動
Run1	2.2	1.7	1.06	正弦波型(T=3,6,9,12 s) 階段関数型
Run2	2.3	1.6	1.06	正弦波型(T=3,6,9,12 s) 階段関数型
Run3	2.5	1.5	1.06	正弦波型(T=3,6,9,12 s) 階段関数型

3. 緩和過程モデルの構成：まず著者ら¹⁾の緩和過程モデルの概要を述べる。緩和過程としての基本的特性に関して考察するため、一定幅の水位上昇が瞬間的に生じる場合について考える。地盤表面での水圧変動 $P_b(t)$ に対する地盤内間隙水圧変動は、次式で定式化できる。

$$P(t, z) = \int_0^t P_b(t - \tau) \frac{1}{\Gamma(z)} \exp\left\{-\frac{\tau}{\Gamma(z)}\right\} d\tau \quad (1)$$

ここに、 z ；地盤表面を原点とした鉛直下向きの座標、 $\Gamma(z)$ ；深さ z における緩和時間スケールである。

ところで、実現象に適用するには緩和時間スケールの推定を行なう必要がある。十分に時間が経過すると何れの側の水圧も一定値に収束するので、収束に要する時間 t_R と緩和時間スケールを次式で定義する。

$$\frac{p(t_R, z)}{p_{b0}} = \alpha_R ; \Gamma(z) = -\frac{t_R}{\ln(1 - \alpha_R)} \quad (2)$$

ここに、 α_R :打ち切り判定のための定数であり、 $\alpha_R=0.9999$ とする。

正弦波の水圧変動 $P_b(t)=P_{b0}\cos\omega t$ (ω :角周波数)が地盤表面に作用するときには(1)式の積分が解析的に解けて地盤内間隙水圧の地盤表面に対する応答振幅 $A_R (=P_{\max}/P_{b0})$ および地盤内間隙水圧の地盤表面の水圧変動に対する位相差 θ_R が、緩和時間スケール $\Gamma(z)$ を用いて次式で与えられる。

$$A_R = \frac{1}{\sqrt{1 + \{\omega\Gamma(z)\}^2}} ; \theta_R = \tan^{-1}\{-\omega\Gamma(z)\} \quad (3)$$

4. 実験結果：正弦波型水圧変動の振幅を Δ

$p=0.5\text{m}$ に固定して周期を変化させた際の間隙水圧の応答振幅と位相差について図-2に示す。周期を小さくすれば圧力振幅の減衰は大きくなり、位相差も大きくなることが図から理解できる。図中の曲線は階段関数型の実験結果から求めた緩和時間スケールに基づく緩和モデルによる計算曲線であるが、正弦波型の実験結果をほぼ良好に説明している。

次に、図-3は周期を $T=3\text{s}$ に固定して水圧変動の振幅を変化させた際の間隙水圧の応答振幅と位相差について示したものである。水圧変動を小さくすれば圧力振幅の減衰は大きくなり、位相差も大きくなることが図からわかる。このような傾向も階段関数型の結果から求めた緩和時間スケールに基づく緩和モデルの計算曲線ではほぼ良好に説明される。

5. あとがき：本研究では緩和過程としての海底地盤内間隙水圧の変動特性の実験的把握を試みた。緩和モデルの計算曲線と実験値はほぼ良好に一致しており、緩和過程モデルの適用性が少なくとも実験条件下では示されたものと考え。今後は、より広範囲の圧力振幅や地盤条件の変化に対する緩和過程モデルの適用性を調べる予定である。

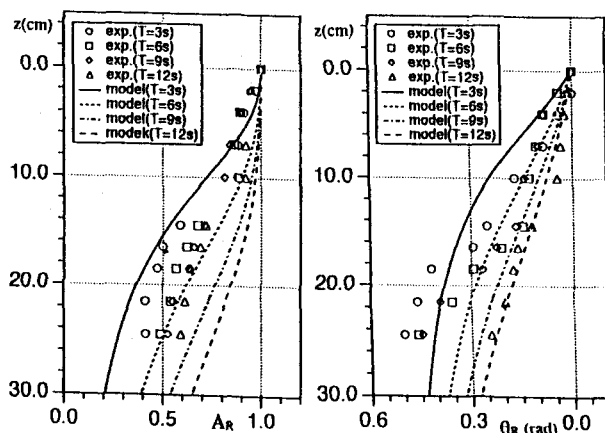


図-2 間隙水圧の応答振幅と位相差
 $p=0.5\text{m}, T=1.06$

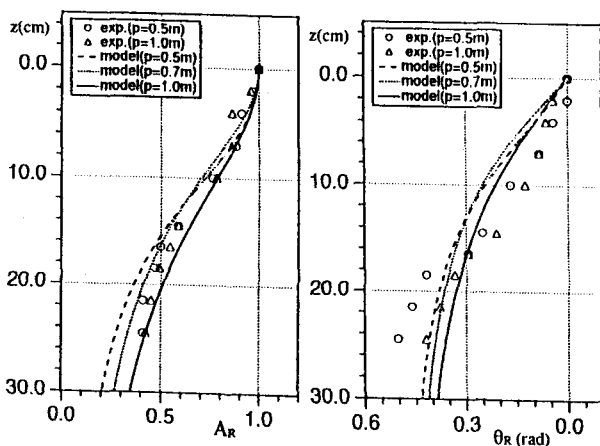


図-3 間隙水圧の応答振幅と位相差
 $T=3\text{s}, \Delta p=1.06$

参考文献 1)酒井・後藤・森川・柏村：海底面の水圧変動に対する地盤内間隙水圧の応答特性に関する実験，水工学論文集第38巻，1994（印刷中）。